

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Тепловые электрические станции

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ необходимости применения двухступенчатого золоулавливания на ТЭС для достижения НУВ.

УДК 621.311.22:621.182.94-047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4А	Овчинников Никита Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	М.А. Вагнер	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель преподаватель отделения социально-гуманитарных наук	Н.Г. Кузьмина	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отделения контроля и диагностики	М.В. Василевский	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	М.А. Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения /НОЦ/ ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	А.М. Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код резу- льт- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.

P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Тепловые электрические станции

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля

А.М. Антонова

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4А	Овчинникову Никите Олеговичу

Тема работы:

**Анализ необходимости применения двухступенчатого золоулавливания на ТЭС для
достижения НУВ.**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10 июня 2018 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Целью работы является анализ необходимости применения двухступенчатого золоулавливания. Объектом исследования в работе являются золоуловители. Предметом исследования выступают факторы, определяющие необходимость использования двухступенчатого золоулавливания. Исходные данные к работе: 1 котлоагрегат, работающих на угле марки Д

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор случаев двухступенчатого золоулавливания на Российских ТЭС и за рубежом. 2. Экологическая ситуация и НУВ. 3. Расчет 2-х вариантов использования двухступенчатого золоулавливания.. <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Расчет объема дымовых газов и количества образующейся золы. 3.2. Рассчитать 1 ступень золоулавливания. Сравнить выбросы с НУВ. 3.3. Рассчитать 2 ступень золоулавливания. Сравнить выбросы с НУВ. 3.4. Проанализировать полученные результаты. (По затратам на оборудование, дополнительные ресурсы, соответствие нормативам) 4. Экологические аспекты 5. Заключение
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема двухступенчатого золоулавливания.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Кузьмина Н.Г., старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Василевский М.В., доцент Отделения контроля и диагностики</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>11 января 2018 года</p>
--	-----------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Ст преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова</p>	<p>Вагнер М.А.</p>			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5Б4А</p>	<p>Овчинников Никита Олегович</p>		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 58 страниц, 8 таблиц, 2 рисунка, 22 источника.

Ключевые слова: дымовые газы, дымовые фильтры, теплоэнергетика, экология.

Объектом исследования в работе являются выбросы дымовых газов.

Целью работы является сбор информации о применении двухступенчатого способа золоочистки, расчете двух способов очистки дымовых газов и сравнении по экологическим показателям, современном уровне развития технологий в России.

В результате исследования проводился поиск информации в книгах, диссертациях, статьях и в интернете.

В результате исследования кратко описаны технологии очистки дымовых газов, произведена сравнительная характеристика очистки дымовых газов различными способами, определены величины выбросов дымовых газов для различных способов удаления, приведен расчет двух вариантов удаления дымовых газов

Степень внедрения: используется на тепловых электростанциях, работающих на твердом топливе с высокой зольностью.

Область применения: тепловые электростанции, работающие на твердом топливе высокой зольности.

Оглавление

Введение.....	9
1 Обзор случаев двухступенчатого золоулавливания.....	12
1.1 Обоснование применения двухступенчатой очистки дымовых газов.....	10
1.2 Обзор случаев применения в России.....	13
2 Экологическая ситуация и НУВ.....	15
2.1 Характеристика загрязнения атмосферы в 2017 году по округам города.....	16
2.2 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.....	16
3 Расчет двух вариантов использования двухступенчатого золоулавливания.....	19
3.1 Расчет объема дымовых газов и количества образующейся золы.....	19
3.2 Расчет 1 ступени золоулавливания с использованием МЗУ. Сравнение выбросов с НУВ.....	26
3.3 Расчет 2 ступени золоулавливания с использованием электрофилтра. Сравнение выбросов с НУВ.....	28
3.4 Расчет двухступенчатого золоулавливания использованием МЗУ и электрофилтра.....	31
3.5 Расчет двухступенчатого золоулавливания с использованием электрофилтра и рукавного филтра.....	32
3.6 Анализ полученных результатов.....	32
4. Экологические аспекты.....	35
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
5.1 Обоснование проекта.....	37
5.2 Перечень работ и временная оценка их выполнения.....	38
5.2.1 Смета затрат на проект.....	39
5.2.2 Материальные затраты.....	39
5.2.3 Амортизация компьютерной техники.....	39
5.2.4 Затраты на заработную плату.....	40

5.2.5 Затраты на социальные нужды.....	41
5.2.6 Прочие затраты.....	41
5.2.7 Накладные расходы.....	41
5.3 Смета затрат.....	42
5.3.1 Затраты на оборудование.....	42
5.3.2 Затраты на установку оборудования.....	42
5.4 Оценка экономической эффективности.....	42
5.5 Заключение.....	44
6 Социальная ответственность.....	45
6.1 Производственная безопасность.....	47
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации основного оборудования.....	47
6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте.....	49
6.2 Экологическая безопасность.....	49
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	50
6.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	50
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	50
6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	51
6.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС.....	52
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... Заключение.....	54 55
Список литературы.....	56

Введение

В наше время тепловые электрические станции производят 80% электроэнергии в стране и являются экологически опасной отраслью промышленности.

Очистка дымовых газов является важной проблемой энергетики страны, так как их распространение в воздушном бассейне вызывает загрязнение окружающей среды, загрязнение почв и вод, и отчуждение земель под хранилища. Также оказывается негативное влияние на здоровье населения.

Дымовые газы, рассеивающиеся в атмосфере, в своем составе содержат много вредных веществ, что делает целесообразным развивать технологии по очистке дымовых газов, во избежание еще большего загрязнения атмосферы.

Существует лишь несколько тепловых электростанций на территории нашей страны, которые используют новейшие методы очистки дымовых газов, в том числе и двухступенчатую очистку дымовых газов.

Организация улучшенной очистки дымовых газов может снизить выплаты экологического сбора

1 Обзор случаев двухступенчатого золоулавливания

1.1 Обоснование применения двухступенчатой очистки дымовых газов

Ключевой проблемой энергетики в России, является проблема очистки дымовых газов, что приводит к ухудшению экологической ситуации. По данным энергетических компаний страны, на котельных и на тепловых электрических станциях, сжигающих твердое топливо, ежегодно выбрасывается примерно 15 млн. тонн вредных веществ, содержащихся в дымовых газах. [1].

Двухступенчатая очистка дымовых газов применяется для более тщательной очистки дымовых газов от золы на станциях, работающих на высокозольном топливе.

Двухступенчатая очистка дымовых газов широко не распространена на территории Российской Федерации, так как ситуация в экономике и стратегия развития энергетика не способствуют внедрению технологий, направленных на сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Так же, большинство фильтров, используемых на тепловых электрических станциях большой и средней мощности, сжигающих твердое топливо различных марок, удовлетворяют нормам очистки дымовых газов, установленных на территории Российской Федерации.

При сжигании твердых топлив происходит образование шлака и летучей золы, которые уносятся из топок через дымовую трубу в атмосферу. Объем выброса золовых частиц из топок котлов зависит от таких параметров как: расхода топлива, зольности, типа топочного устройства, влияющего на количество уносимой из топки золы и эффективности газоочистки.

Больше всего выбросы летучей золы происходят при применении пылеугольных камерных топок с твердым гранулированным шлакоудалением, при пылеприготовлении в шаровых барабанных тихоходных мельницах, в которых происходит тонкий помол углей, или при пылеприготовлении в валковых и шаровых среднеходных мельницах. Выброс летучей золы несколько

меньший из топок при молотковых быстроходных мельницах или мельницах вентиляторах, где происходит более грубый помол угля.

Для топок с жидким шлакоудалением выбросы летучей золы из топки в конвективную шахту и далее в дымовые трубы существенно меньше, чем при твердом шлакоудалении, поскольку в этом случае часть золы расплавляется в топке и оседает в шлаковую ванну.

Доля выноса твердых частиц из пылеугольных топок в зависимости от их типа может быть оценена коэффициентом уноса $\alpha_{ун}$ твердых частиц с дымовыми газами.

В топках с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), получающих в настоящее время в мировой энергетике все большее применение в связи с проблемами экологии, выброс золовых частиц в атмосферу в некоторых случаях не меньше, чем в пылеугольных топках традиционной конструкции, из-за добавки в слой известняка.

Кроме летучей золы в дымовых газах присутствуют твердые частицы несгоревшего в топке топлива (кокса).

Для уменьшения выброса твердых частиц в атмосферу на ТЭС применяется очистка дымовых газов в золоулавливающих установках.

Для золоулавливания имеют значение следующие параметры летучей золы:

- Размер частиц (фракционный состав);
- Удельный вес (плотность);
- Физико-химический состав;
- Удельное электрохимическое сопротивление.

Золоулавливание основано на выделении из потока дымовых газов твердых частиц под действием:

- Гравитационных или инерционных сил;
- Молекулярных сил сцепления частиц с пленкой воды или каплями;
- Электростатических сил электрического поля;
- Фильтрации через ткань или зернистый слой.

1.2 Обзор случаев применения в России

При работе котлов на зольных топливах $A^{пр} > 3\%$ и высоких экологических требованиях к ТЭС рекомендуется применять двухступенчатое золоулавливание. Например, мокрый скруббер и электрофильтр.

Для снижения удельного сопротивления неочищенных дымовых газов распространение получил метод, в котором перед очисткой дымовых газов в электрофильтре, дымовые газы сначала увлажняются в мокром скруббере, что понижает удельное поверхностное сопротивление. Это уменьшает осаждение золы на коронирующих элементах электрофильтра и повышает эффективность очистки дымовых газов электрофильтром.

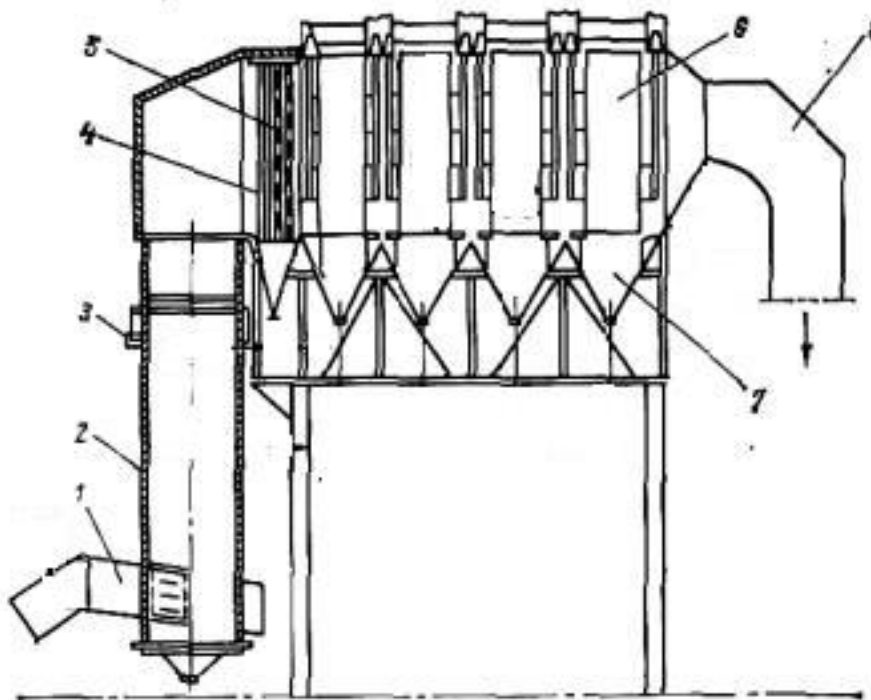


Рисунок 1. Двухступенчатый золоуловитель для золы с высоким удельным электрическим сопротивлением:

- 1- Вход газов с котельного агрегата; 2- мокрый скруббер; 3- подвод орошающей воды; 4- швеллерная решетка для задержания капель; 5- газораспределительные решетки; 6- система осадительных электродов; 7- бункеры для уловленной электрофильтром золы; 8- выход очищенных дымовых газов [5]

Мокрые скрубберы имеют низкую эффективность и на мощных электростанциях устанавливаются перед электрофильтрами в качестве первой ступени золоулавливания, а также при работе на золах с высоким электрическим сопротивлением для увлажнения дымовых газов для того чтобы повысить эффективность и надежность электрических фильтров. Такая схема очистки дымовых газов применяется на котлах, как было сказано ранее, сжигающих топливо с высоким приведенным содержанием золы (Экибастузские ГРЭС, Омская ТЭЦ-5 и т.д.)

1.2 Обзор случаев применения в России

Омская ТЭЦ-5 самая мощная станция омской энергосистемы, производит тепло для Центрального, Октябрьского и частично Ленинского и Кировского районов г. Омска. Омская ТЭЦ-5 входит в состав ОАО «Территориальная генерирующая компания №11». Установленная электрическая мощность электростанции равна 670 МВт, установленная тепловая мощность – 1800 тыс. Гкал/час. Котельные агрегаты, установленные на станции работают на экибастузском каменном угле, для их растопки используют мазут.

Строительство станции началось в 1976 году. Ввод в эксплуатацию последнего блока был произведен в 1989 году.

В 2017 году была произведено усовершенствование электрофильтра котлоагрегата №2. Целью проекта являлось достижение уменьшения негативного влияния на окружающую среду, в частности, сокращение объемов выбросов золы в окружающую среду.

Новое оборудование, установленное на блоке №2 обладает рядом преимуществ: в частности, в механической части электрофильтра применена усовершенствованная система встряхивания осадительных и коронирующих элементов, а также более совершенная система газораспределения и система управления и контроля за работой оборудования. Эти усовершенствования обеспечивают высокую эффективность очистки технологических газов в течение всего срока службы электрофильтра.

Рефтинская ГРЭС – крупнейшая электростанция в России, работающая на твердом топливе. Рефтинская ГРЭС расположена в Свердловской области. Станция работает на угле с Экибастузского месторождения. Ежегодная выработка электроэнергии составляет около 20000 млн кВт*ч. Установленная мощность станции составляет 3800 МВт, тепловая мощность – 350 Гкал/час. На Рефтинской ГРЭС установлены 10 энергоблоков мощность каждого составляет от 300 до 500 МВт. На станции установлены фильтры двухступенчатой очистки, состоящие из мокрого скруббера и электрофильтров. В настоящее время производится плановая замена на рукавные фильтры, обеспечивающие очистку дымовых газов до 99,9%.

2. Экологическая ситуация и НУВ

Существующая система наблюдений за качеством атмосферного воздуха обеспечивает регулярное измерение концентраций основных загрязняющих веществ. Правила организации наблюдений и контроля за загрязнением воздуха в городах и других населенных пунктах подробно изложены в ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила качества воздуха населенных пунктов».

Государственный мониторинг качества атмосферного воздуха в городе Омске в 2017 году осуществляло ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» на 10 стационарных наблюдательных постах (это является минимальным порогом в городах, где населения больше 1 млн. человек), включающих 6 постов федеральной наблюдательной сети, два из которых автоматизированы и работают в круглосуточном режиме.

Главную роль в структуре выбросов, загрязняющих атмосферный воздух в городе Омске, играют выбросы от деятельности предприятий промышленности, теплоэнергетики, объектов производства и распределения газа и воды, автомобильного транспорта.

Кроме того, уровень загрязнения воздуха зависит от метеорологических условий (температура воздуха, скорость ветра, осадки и т.д.)

Средние за год концентрации сравниваются с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) среднесуточными, максимальные концентрации – с ПДК максимально-разовыми.

Автоматическими постами наблюдений в 2017 году зарегистрированы 49 единичных случаев превышения максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{мр}), в том числе: 44 – сероводорода, 1 – озона, 4 – озона углерода. Среднесуточные показатели ПДК не превышены.

По всем фактам превышений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, выявленных на стационарных

постах, информация передавалась для использования в работе, выявления источника и принятия мер в надзорные органы.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2017 году (ИЗА) равен 3, что соответствует «низкому» уровню загрязнения атмосферного воздуха, но так как в течение года наблюдались случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха, уровень загрязнения скорректирован от «низкого» до «повышенного». Уровень загрязнения в 2017 году по сравнению с 2016 годом изменился от «низкого» до «повышенного» в Октябрьском АО и в целом по городу Омску. В Ленинском, Советском, Кировском и Центральном АО остался прежним.

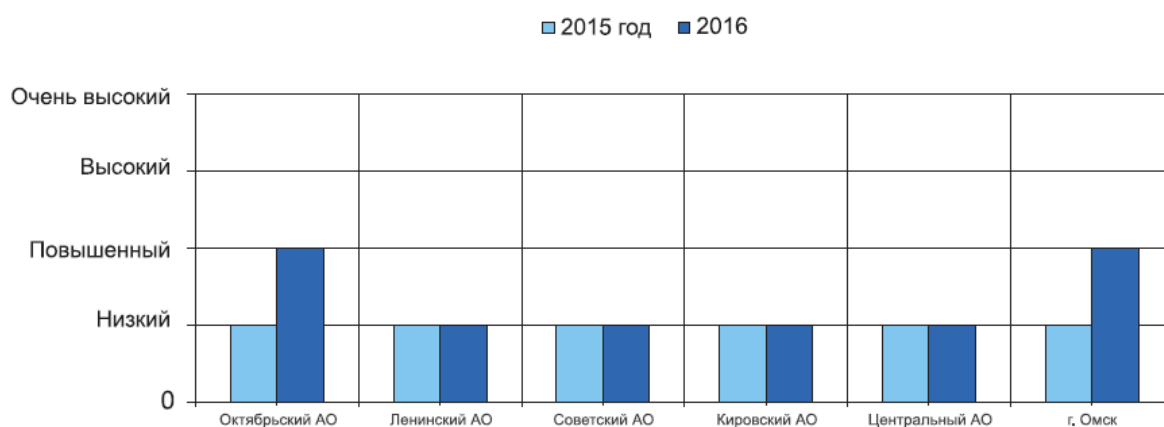


Рисунок 2. Динамика загрязнения атмосферного воздуха по административным округам города Омска [1]

2.1 Характеристика загрязнения атмосферы в 2016 г. по округам города

В Таблице 1 приведены значения уровня загрязнения в г. Омске в отдельных округах.

Таблица 1 – Характеристика загрязнения атмосферы

Округ	Вещества, определяющие ИЗА	Уровень загрязнения
Центральный	Взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен	Низкий
Советский	Взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен	Низкий

Продолжение Таблица 1

Октябрьский	Взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен	Повышенный
Ленинский	Оксид углерода, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен	Низкий
Кировский	Взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, формальдегид	Низкий
В целом г. Омск	Взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен	Повышенный

Согласно данным о качестве атмосферного воздуха в Омске можно сделать вывод, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе за многолетний период имеет тенденцию к снижению. Город Омск удерживает позиции в десятке крупных городов России с наименьшим уровнем загрязнения атмосферы.

2.2 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории Омской области определяется природными и антропогенными факторами. Основным антропогенным фактором являются выбросы вредных (загрязняющих) веществ от стационарных и передвижных источников.

Таблица 2 - Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

	Количество загрязняющих веществ, отходивших от стационарных источников, тыс. тонн	Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ, тыс. тонн	Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ		Уловлено в % от общего количества отходивших загрязняющих веществ	Утилизировано в % от общего количества уловленных загрязняющих веществ
			Тыс. тонн	2017 в % к 2015		
Всего, тыс. тонн	1935,7	1735,7	200	99,2	89,7	7,6

Продолжение Таблица 2

В том числе твердые вещества	1682,8	1646,2	36,5	93,6	97,8	2,6
Газообразные и жидкие вещества	252,9	89,5	163,5	100,6	35,4	99,3
Из них: диоксид серы	54,4	0,1	54,4	95,5	0,1	100
Оксид углерода	106,6	85,8	20,8	97,5	80,5	99,3
Оксиды азота	31,8	-	31,8	98,6	-	-

На территории Омской области в 2017 году 670 хозяйствующих субъектов, имевших 16333 стационарных источника загрязнения атмосферного воздуха, выбросили в атмосферу 200 тыс. тонн загрязняющих веществ. В г. Омске в 2017 году в атмосферный воздух выброшено 164,9 тыс. тонн загрязняющих веществ или 82,4 процента общего их количества.

Уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за период 2011-2017 годы происходило, в то числе, благодаря выполнению крупными промышленными предприятиями («ТГК-11», АО «Газпромнефть – ОНПЗ», ПАО «Омский каучук», ООО «Омсктехуглерод», ООО «Полином») природоохранных мероприятий и применению более эффективных методов очистки (реконструкция газоочистного оборудования (электрофильтров), капитальный ремонт фильтров доулавливания, котлов в котельной, выполнение строительно-монтажных и пуско-наладочных работ по внедрению установки рекуперации РК 502 по возврату газовой фазы пропилена обратно в систему, не сбрасывая на факел и т.д.)

3. Расчет 2-х вариантов использования двухступенчатого золоулавливания

3.1 Расчет объема дымовых газов и количества образующейся золы

При сгорании твердого топлива происходят фазовые и химические преобразования его минеральной части с образованием золы и шлака.

Основными компонентами золошлаковых материалов, являются оксиды MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO . В небольшом количестве присутствуют сульфаты $MgSO_4$, $CaSO_4$, $FeSO_4$, а так же присутствуют в малом количестве оксиды щелочных металлов K_2O и Na_2O . В золошлаковых материалах могут содержаться токсические и биогенные микроэлементы. Биогенными микроэлементами являются фтор, марганец, кобальт, свинец, медь и др. Токсическими микроэлементами являются бор, ванадий, мышьяк, стронций, бериллий и др[3].

Особую роль в формировании свойств золы играют гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, кальцит $CaCO_3$ и доломит $CaMg(CO_3)_2$, а также продукты их частичного термического разложения — ангидрит $Ca(OH)_2$ и свободный оксид кальция CaO [3].

В подающем большинстве зол присутствуют органические включения в виде кокса и полукокса. При сжигании топлива образуются твердый и жидкий шлак, разновидность шлака зависит от вида топочной камеры.

Количество золошлаков, подлежащих эвакуации зависит от количества и зольности сжигаемого топлива, эффективности золоулавливания и может быть определено в т/час по формуле:

$$M_{\text{зш}} = M_{\text{шл}} + M_{\text{мс}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{мс}}$ — количество золы, т/ч;

$M_{\text{шл}}$ — количество шлака, т/ч.

Количество золы вычисляется по формуле:

$$M_{\text{мс}} = 10^{-2} \cdot B \cdot (A^p + q_4 \frac{Q_n^p}{32,7}) \cdot \alpha_{\text{yn}} \cdot \eta_{\text{з}}, \quad (2)$$

где B — расход топлива подаваемого в топку, кг/с;

A^p — зольность топлива, %;

Q_n^p – низшая теплота сгорания, кДж/кг ;

q_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания, %;

$\alpha_{ун}$ – доля золы топлива, уносимой газами.

Исходя из формул представленных выше, определим выход количества золошлаков с ТЭС использующей паровой котел с естественной циркуляцией Е-210-14-540, работающего на угле Экибастузского месторождения марки Г.

1 Расчетные характеристики топлива

1.1 Средний (табличный) состав топлива для рабочего состояния [4, табл.1]

$$W_t^p = 7\%,$$

$$A_t^p = 48\%,$$

$$S_{(p+o)t}^p = 0,4\%,$$

$$C_t^p = 33,4\%,$$

$$H_t^p = 2,9\%,$$

$$N_t^p = 0,8\%,$$

$$O_t^p = 7\%.$$

1.2 Низшая теплота сгорания [4, табл.1]

$$Q_{нт}^p = 15,83 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 15830 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

1.3 Выход летучих для сухого беззольного состояния (горючая масса) [1, табл.1]

$$V^{daf} = 25\%$$

1.4 Температурные характеристики золы [4, табл.2]

1.4.1 Температура начала деформации

$$t_A = 1560^\circ\text{C}$$

1.4.2 Температура начала размягчения

$$t_B = 1590^\circ\text{C}$$

1.4.3 Температура начала жидкоплавкого состояния

$$t_C = 1610^\circ\text{C}$$

1.5 Приведенная влажность и зольность [4, табл.1]

$$W_{np}^p = \frac{W^p}{Q_n^p} = 0,41 \% \frac{\text{кДж}}{\text{МДж}}, \quad (3)$$

$$A_{np}^p = \frac{A^p}{Q_n^p} = 3,03 \% \frac{\text{кДж}}{\text{МДж}}. \quad (4)$$

1.6 Значения влажности и зольности (по заданию)

$$W^p = 7\%,$$

$$A^p = 47 \%.$$

1.7 Коэффициент пересчета состава топлива на массу с заданной влажностью и зольностью

$$k = \frac{100 - (A^p + W^p)}{100 - (A_t^p + W_t^p)} = \frac{100 - (47 + 7)}{100 - (48 + 7)} = 1,022. \quad (5)$$

1.8 Расчетный состав рабочей массы топлива

$$S_{(p+o)}^p = k \cdot S_{(p+o)t}^p = 1,022 \cdot 0,4 = 0,4088 \%,$$

$$C^p = k \cdot C_t^p = 1,022 \cdot 33,4 = 34,134 \%,$$

$$N^p = k \cdot N_t^p = 1,022 \cdot 0,8 = 0,8176 \%, \quad (6)$$

$$H^p = k \cdot H_t^p = 1,022 \cdot 2,9 = 2,96 \%,$$

$$O^p = k \cdot O_t^p = 1,022 \cdot 7 = 7,154 \%.$$

1.9 Проверка правильности перерасчета состава топлива

$$A^p + W^p + S_{(p+o)}^p + C^p + N^p + H^p + O^p = 100 \%, \quad (7)$$

$$47 + 7 + 0,4088 + 34,134 + 0,8176 + 2,96 + 7,154 = 99,9 \%.$$

1.10 Низшая теплота сгорания для рабочего состояния топлива при заданных влажности и зольности

$$Q_n^p = (Q_{нт}^p + 24,42 \cdot W_t^p) \cdot k - 24,42 W^p, \quad (8)$$

$$Q_n^p = (15830 + 24,42 \cdot 7) \cdot 1,024 - 24,42 \cdot 7 = 16215,56 \frac{\text{кДж}}{\text{кДж}}.$$

2. Тепловой баланс котла

2.1 Общее уравнение теплового баланса

$$Q_p + Q_{в.вн} + Q_{\phi} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6. \quad (9)$$

2.2 Температура рабочего топлива [5, стр. 5]

$$t_{тл} = 0^\circ \text{C}.$$

2.3 Теплосодержание рабочего топлива

$$C_{\text{тл}} = 4,19 \cdot \frac{W^p}{100} + C_{\text{тл}}^d \cdot \frac{100 - W^p}{100}, \quad (10)$$

$$C_{\text{тл}} = 4,19 \cdot \frac{7}{100} + 0,96 \cdot \frac{100 - 7}{100} = 1,224 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}},$$

$C_{\text{тл}}^d = 0,96$ - теплосодержание сухой массы топлива [5, Приложение 5].

2.4 Физическое тепло топлива

Для каменных углей принимаем $i_{\text{тл}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

2.4.1 Тепло, вносимое воздухом, при его подогреве вне котла

$$Q_{\text{в.вн}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.4.2 Тепло, вносимое в топку паровым форсуночным дутьем

$$Q_{\text{ф}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.4.3 Располагаемое тепло рабочей массы топлива

$$Q_p = Q_H^p + i_{\text{тл}}, \quad (10)$$

$$Q_p = 16215,56 + 0 = 16215,56 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.4.4 Потеря тепла от механической неполноты сгорания

$$q_4 = 1,5\%.$$

2.5 Определение потерь тепла с уходящими газами

2.5.1 Энтальпия уходящих газов при избытке воздуха $\alpha_{\text{yx}} = \alpha_{\text{впл}}''$ и

температуре $\vartheta_{\text{yx}} = 134^\circ\text{C}$

$$I_{\text{yx}} = 1266,467 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.5.2 Температура холодного воздуха (принимаем)

$$t_{\text{хв}} = 30^\circ\text{C}.$$

2.5.3 Энтальпия холодного воздуха

$$I_{xв}^0 = 188,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.5.4 Присосы воздуха в систему пылеприготовления [5, Приложение 5]

$$\Delta\alpha_{nl} = 0,1.$$

2.5.5 Присосы воздуха в топку [5, Приложение 5]

$$\Delta\alpha_T = 0.$$

2.5.6 Отношение количества воздуха на входе в воздушный тракт к теоретически необходимому

$$\beta' = \alpha_T'' - \Delta\alpha_T - \Delta\alpha_{nl} + \Delta\alpha_{en1} + \Delta\alpha_{en2}, \quad (11)$$

$$\beta' = 1,2 - 0 - 0,1 + 0,03 + 0,03 = 1,16.$$

2.5.7 Потери тепла с уходящими газами

Потеря тепла с уходящими газами вычисляется как разность энтальпий продуктов сгорания на выходе из последней поверхности нагрева и холодного воздуха.

$$q_2 = \frac{[I_{yx} - (\alpha_{yx} - \beta') \cdot I_{nrc}^0 - \beta' \cdot I_{xв}^0] \cdot (100 - q_4)}{Q_n^p}, \quad (12)$$

$$q_2 = \frac{[1266,467 - (1,33 - 1,16) \cdot 188,3 - 1,16 \cdot 188,3] \cdot (100 - 1,5)}{17195,15} = 5,82\%.$$

2.5.8 Потери тепла от химической неполноты сгорания

$$q_3 = 0\%$$

2.5.9 Потери тепла от наружного охлаждения

$$q_5 = 0,5902\%$$

2.6 Определение потери с теплом шлака

2.6.1 Температура золы шлака

$$t_{шл} = 600^\circ\text{C}.$$

2.6.2 Энтальпия золы шлака

$$I_{зл}^{600} = 560 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

2.6.3 Доля золы топлива в шлаке

$$a_{шл} = 1 - a_{yn}, \quad (13)$$

$$\alpha_{\text{шл}} = 1 - 0,95 = 0,05.$$

2.6.4 Потеря шлака с теплом

$$q_6 = \frac{\alpha_{\text{шл}} \cdot I_{\text{шл}}^{600} \cdot A^p}{Q_n^p}, \quad (14)$$

$$q_6 = \frac{0,05 \cdot 560 \cdot 25}{17195,15} = 0,04\%.$$

2.7 Суммарная потеря тепла в котле

$$\sum q = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \quad (15)$$

$$\sum q = 5,82 + 0 + 1,5 + 0,59 + 0,04 = 7,95\%.$$

2.8 Коэффициент полезного действия котла

$$\eta_k = 100 - \sum q, \quad (16)$$

$$\eta_k = 100 - 7,95 = 92,05\%.$$

3 Определение расхода топлива

3.1 Паропроизводительность (по заданию)

$$D_{\text{III}} = 58,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

3.2 Температура перегретого пара (по заданию)

$$t_{\text{III}} = 540^\circ\text{C}.$$

3.3 Давление перегретого пара (по заданию)

$$P_{\text{III}} = 14 \text{ МПа}.$$

3.4 Энтальпия перегретого пара

$$i_{\text{III}} = f(P_{\text{III}}; t_{\text{III}}) = 3434 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

3.5 Температура питательной воды (по заданию)

$$t_{\text{IV}} = 230^\circ\text{C}.$$

3.6 Давление в барабане (по заданию)

$$P_{\text{б}} = 15,6 \text{ МПа}.$$

3.7 Давление питательной воды на входе в экономайзер

$$P_{\text{IV}} = P_{\text{б}} + 0,1 \cdot P_{\text{б}} = 15,6 + 0,1 \cdot 15,6 = 17,16 \text{ МПа}. \quad (17)$$

3.8 Энтальпия питательной воды

$$i_{ПВ} = f(P_{ПВ}; t_{ПВ}) = 994 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

3.9 Величина непрерывной продувки (по заданию)

$$p = 3\%.$$

3.10 Расход воды на продувку

$$D_{ПР} = \frac{p}{100} \cdot D_{ПВ} = \frac{3}{100} \cdot 58,3 = 1,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (18)$$

3.11 Энтальпия продувочной воды

$$i'_S = f(P_6) = 1634 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

3.12 Полное количества тепла, полезно использованное в котле

Тепло, полезно используемое в котлоагрегате, определяется по заданной паропроизводительности котла $D_{ПВ}$, энтальпии перегретого пара $i_{ПВ}$ и питательной воды $i_{ПВ}$ с учетом непрерывной продувки $D_{ПР}$.

$$\begin{aligned} Q_k &= D_{ПВ} \cdot (i_{ПВ} - i_{ПВ}) + D_{ПР} (i'_S - i_{ПВ}) = \\ &= 58,3 \cdot (3434 - 994) + 1,75 \cdot (1634 - 994) = 143372 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (19)$$

3.13 Расход топлива, подаваемого в топку

$$B = \frac{Q_k}{\frac{Q_n^p \cdot \eta_k}{100} + Q_{в.вн} + Q_{\phi}} = \frac{143372}{\frac{16215,56 \cdot 92,05}{100}} = 9,605 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (20)$$

3.14 Количество золы определяется по формуле [2]

$$M_{мс} = 10^{-2} \cdot 9,605 \cdot (48 + 1,5 \cdot \frac{16,215}{32,7}) \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 51,18 \text{ г/с}.$$

3.15 Расчет объема дымовых газов перед золоуловителями

$$V_{дг} = V_0^r \cdot B \cdot \frac{t_{\partial z} + 273}{273} \quad (21)$$

3.15.1 Теоретическое количество сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива.

$$V_0 = 0,089 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,033 \cdot O^p; \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}} \quad (22)$$

$$V_0 = 0,089 \cdot (33,4 + 0,375 \cdot 0,4) + 0,265 \cdot 2,9 - 0,033 \cdot 7 = 3,523 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

3.15.2 Теоретический объем азота

$$V_{N_2O} = 0,79 \cdot V_0 + 0,008 \cdot N^p; \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}} \quad (23)$$

$$V_{N_2O} = 0,79 \cdot 3,523 + 0,008 \cdot 0,8 = 2,789 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

3.15.3 Теоретический объем трехатомных газов

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) \cdot 10^{-2}; \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}} \quad (24)$$

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot (33,4 + 0,375 \cdot 0,4) \cdot 10^{-2} = 0,626 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

3.15.4 Объем водяных паров

$$V_{H_2O} = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V_0 + 0,016 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_0; \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}} \quad (25)$$

где $\alpha = 1,4$

$$V_{H_2O} = 0,111 \cdot 2,9 + 0,0124 \cdot 7 + 0,0161 \cdot 3,523 + 0,016 \cdot (1,4 - 1) \cdot 3,523 = 0,488 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

3.15.5 Удельный объем дымовых газов

$$V_0^r = V_0 \cdot (\alpha - 1) + V_{N_2O} + V_{RO_2} + V_{H_2O}; \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}} \quad (26)$$

$$V_0^r = 3,523 \cdot (1,4 - 1) + 2,789 + 0,626 + 0,488 = 5,31 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

Подставим найденные величины в формулу [21] и определим объем дымовых газов перед золоуловителями:

$$V_{дг} = 5,31 \cdot 9,605 \cdot \frac{134 + 273}{273} = 76 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

3.2 Расчет 1 ступени золоулавливания с использованием МЗУ. Сравнения выбросов с НУВ.

В данном разделе необходимо произвести расчеты двух случаев применения золоулавливающих установок, применяющихся на Российских электрических станциях.

В первом случае рассмотрим одноступенчатую золоуловительную установку состоящую из МЗУ (мокрой золоуловительной установки)

В Таблице 3 приведены данные о фракционном составе угля. В расчетах используется уголь Экибастузского месторождения марки Д.

Таблица 3 – Фракционный состав угля

Размеры частиц, d _i , мкм						
2,0	5,0	10,0	15,0	20,0	30,0	>40
18,0	16,0	20,0	19,0	8,0	10,0	9,0

Определяем расчетную площадь проходного сечения по формуле:

$$f_p = \frac{v_{дг}}{z \cdot u_{дг}}; \text{ м}^2$$

$v_{дг}$ – объем дымовых газов;

z – количество золоуловителей;

$u_{дг}$ – скорость газов в горловине трубы Вентури;

$$f_p = \frac{76}{1,62} = 1,22; \text{ м}^2$$

Выбираем типоразмер и справочную площадь горловины трубы Вентури $f_{спр}$ по таблице 2.1.

МС – 4500

$$f_{спр} = 1,3; \text{ м}^2$$

Определяем фактическую скорость в горловине трубы Вентури:

$$u_{дг}^{\phi} = \frac{v_{дг}}{z \cdot f_{спр}} = \frac{76}{1 \cdot 1,3} = 58,46; \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определение удельного расхода воды по таблице 2.1. q , кг/м³

$$q = 0,1; \text{ кг/м}^3$$

Определяем параметр золоуловителя:

$$\Pi = \sqrt{q \cdot u_{дг}^{\phi}} = \sqrt{0,1 \cdot 58,46} = 2,42;$$

Определяем показатели эффективности золоулавливания

Степень проскока $\varepsilon = 0,088$;

Тогда $\eta = 1 - \varepsilon = 1 - 0,088 = 0,912$;

Определяем расход воды на орошение:

$$G_v = 3,6 \cdot q \cdot v_{дг} = 3,6 \cdot 0,1 \cdot 76 = 27,36 \frac{\text{т}}{\text{ч}};$$

Массовый выброс золы в атмосферу:

$$M_{yn} = M_z (1 - \eta_{zy}^{мокр}) = 51,18 \cdot (1 - 0,912) = 3,874; \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Концентрация золы на выходе

$$C_{вых} = \frac{M_{yn} \cdot 10^3}{v_{дг}} = \frac{3,874 \cdot 10^3}{76} = 50,974; \text{мг/м}^3$$

В Таблице 5 приведены нормативы удельных выбросов в атмосферу твердых частиц. Исходя из расчетов следует, что массовый выброс твердых частиц не соответствует нормативам и превышает максимально допустимое значение в 0,756 раза. Однако массовый выброс твердых частиц находится ниже допустимого значения установленного в нормативах удельных выбросов твердых частиц в 4,9 раза.

3.3 Расчет 1 ступени золоулавливания с использованием электрофилтра и сравнение с НУВ

В данном разделе приведены расчеты для одноступенчатой золоулавливающей установки состоящей из электрофилтра марки ЭГА.

Определение средней напряженности электрического поля E и $K_{ок}$

$$K_{\phi} = \frac{(Al_2O_3 + Si_2O_3)A^{\gamma}}{(W^{\gamma} + 9 \cdot H^{\gamma})S^{\gamma}} = \frac{(17 + 47) \cdot 27}{(13 + 9 \cdot 3,4) \cdot 1} = 39,63;$$

Принимаем параметры из Таблицы 2.3 источник [Природоохранные технологии ТЭС]

$$u_{дг} = 1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}; E = 240 \text{ кВт}; K_{ок} = 0,83; m_0 = 0,5 \text{ кг/м}^2;$$

Определяем расчетную площадь проходного сечения:

$$f_p = \frac{v_{дг}}{z \cdot u_{дг}} = \frac{76}{1 \cdot 1,8} = 42,2 \text{ м}^2;$$

Выбираем типоразмер (ЭГА) и справочную площадь активного сечения:

Берем ЭГА 1-30-7,5-4-4

$$f_{\text{спр}} = 40; \text{ м}^2$$

Определяем фактическую скорость дымовых газов:

$$u_{\text{дг}}^{\Phi} = \frac{v_{\text{дг}}}{z \cdot f_{\text{спр}}} = \frac{76}{1 \cdot 40} = 1,9 \text{ м/с};$$

Определяем скорость дрейфа частиц, параметр, эффективность работы электрофильтра и сводим в таблицу:

$$v_i = 0,25 \cdot (K_{\text{ок}} \cdot E)^2 \cdot d_i \cdot 10^{-6}; \text{ м/с}$$

$$v_1 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,025; \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,063; \text{ м/с}$$

$$v_3 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,125; \text{ м/с}$$

$$v_4 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 0,1875; \text{ м/с}$$

$$v_5 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 0,25; \text{ м/с}$$

$$v_6 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 0,375; \text{ м/с}$$

$$v_7 = 0,25 \cdot (0,8 \cdot 280)^2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0,5; \text{ м/с}$$

$$K_{\text{уф}} = K_{\text{м}} K_{\text{эл}} K_{\text{вс}} (1 - 0,25(u_{\text{дг}}^{\Phi} - 1)) = \frac{7,5}{12} \cdot 1 \cdot 1,7(1 - 0,25 \cdot (1,9 - 1)) = 0,842;$$

$$\Pi_i = 0,2 \cdot K_{\text{уф}} \sqrt{\frac{v_i}{u_{\text{дг}}^{\Phi}} \frac{n L_n}{T}};$$

$$\Pi_1 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,025}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 1,34;$$

$$\Pi_2 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,063}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 2,13;$$

$$\Pi_3 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,125}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 3;$$

$$\Pi_4 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,1875}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 3,67;$$

$$\Pi_5 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,25}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 4,24;$$

$$\Pi_6 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,375}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 5,2;$$

$$\Pi_7 = 0,2 \cdot 0,842 \sqrt{\frac{0,5}{1,9} \frac{4 \cdot 2,56}{0,15}} = 6;$$

$$\varepsilon_1 = 0,214;$$

$$\varepsilon_2 = 0,087;$$

$$\varepsilon_3 = 0,0032;$$

$$\varepsilon_4 = 0,0148;$$

$$\varepsilon_5 = 0,0077;$$

$$\varepsilon_6 = 0,0025;$$

$$\varepsilon_7 = 0,001;$$

Фракционная эффективность золоулавливания:

$$\eta_1 = 1 - \varepsilon_1 = 1 - 0,11 = 0,78;$$

$$\eta_2 = 1 - \varepsilon_2 = 1 - 0,03 = 0,91;$$

$$\eta_3 = 1 - \varepsilon_3 = 1 - 0,007 = 0,967;$$

$$\eta_4 = 1 - \varepsilon_4 = 1 - 0,0033 = 0,985;$$

$$\eta_5 = 1 - \varepsilon_5 = 1 - 0,001 = 0,992;$$

$$\eta_6 = 1 - \varepsilon_6 = 1 - 0,0002 = 0,997;$$

$$\eta_7 = 1 - \varepsilon_7 = 1 - 0,00006 = 0,9989;$$

Находим полную эффективность золоуловителя:

$$\eta = \sum_i^t \eta_i \frac{\Phi_i}{100},$$

$$\begin{aligned} \eta &= \left(0,78 \cdot \frac{18}{100}\right) + \left(0,91 \cdot \frac{16}{100}\right) + \left(0,96 \cdot \frac{20}{100}\right) + \left(0,98 \cdot \frac{19}{100}\right) + \\ &+ \left(0,992 \cdot \frac{8}{100}\right) + \left(0,997 \cdot \frac{10}{100}\right) + \left(0,9989 \cdot \frac{9}{100}\right) = 0,94; \end{aligned}$$

Масса унесенной золы после очистки дымовых газов в электрофилт্রে:

$$M_{\text{ун}} = M_z \cdot (1 - \eta) = 51,18 \cdot (1 - 0,94) = 3,07 \text{ г/с};$$

Концентрация твердых частиц после очистки дымовых газов в электрофильтре:

$$C_{\text{вых}} = \frac{M_{\text{ун}} \cdot 10^3}{v_{\text{дг}}} = \frac{3,07 \cdot 10^3}{76} = 40,39 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$$

В Таблице 5 приведены нормативы удельных выбросов в атмосферу твердых частиц. Исходя из расчетов следует, что массовый выброс твердых частиц не соответствует нормативным значениям и находится выше максимально допустимого значения. Массовый выброс твердых частиц находится ниже допустимого значения, установленного в нормативах удельных выбросов твердых частиц, в 7 раз.

3.4 Расчет двухступенчатой золоуловительной установки с использованием МЗУ и электрофильтра

Эффективность 2-х ступенчатой золоулавливающей установки рассчитывается по формуле:

$$\eta_{3y}^{2x} = \eta_{3y}^1 + \eta_{3y}^2 \cdot (1 - \eta_{3y}^1); \quad (27)$$

Где: η_{3y}^1 – эффективность мокрого скруббера,

η_{3y}^2 – эффективность электрофильтра.

Подставим найденные ранее значения эффективности фильтров в формулу [29] и определим значение эффективности для 2-х ступенчатой золоулавливающей установки:

$$\eta_{3y}^{2x} = 0,912 + 0,94 \cdot (1 - 0,912) = 0,995;$$

Масса унесенной золы после очистки дымовых газов:

$$M_{\text{ун}} = M_z \cdot (1 - \eta) = 51,18 \cdot (1 - 0,995) = 1,688 \text{ г/с};$$

Концентрация твердых частиц после очистки дымовых газов:

$$C_{\text{вых}} = \frac{M_{\text{ун}} \cdot 10^3}{v_{\text{дг}}} = \frac{1,688 \cdot 10^3}{76} = 22,2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$$

В случае двухступенчатого золоулавливания масса унесенной золы и концентрация твердых частиц находятся в допустимых пределах и не превышают допустимых значений по нормативно удельным выбросам.

3.4 Расчет двухступенчатой золоуловительной установки с использованием электрофильтра и рукавного фильтра.

В данном разделе для сравнения рассчитаем двухступенчатую установку с использованием в качестве первой ступени электрофильтра а в качестве второй ступени рукавного фильтра.

КПД рукавного фильтра составляет 0,994%, что является наивысшим показателем из ныне доступных для использования на электростанциях фильтров.

КПД такой фильтрующей установки рассчитывается по формуле [27]

$$\eta_{3y}^{2x} = 0,94 + 0,994 \cdot (1 - 0,94) = 0,9996;$$

Масса унесенной золы после очистки дымовых газов:

$$M_{yn} = M_z \cdot (1 - \eta) = 51,18 \cdot (1 - 0,9996) = 0,0207 \text{ г/с};$$

Концентрация твердых частиц после очистки дымовых газов:

$$C_{вых} = \frac{M_{yn} \cdot 10^3}{v_{дг}} = \frac{0,0207 \cdot 10^3}{76} = 2,7 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$$

В случае двухступенчатого золоулавливания с использованием в качестве первой ступени электрофильтра а в качестве второй ступени рукавного фильтра, масса унесенной золы и концентрация твердых частиц находятся в допустимых пределах и не превышают допустимых значений по нормативно удельным выбросам.

Так же, данная схема очистки обеспечивает наименьшие выбросы золы в атмосферу.

3.4 Анализ результатов

В ходе выполнения работы по изучению количества выбросов, исходящих от электростанций, работающих на твердом топливе Экибастузского месторождения были рассчитаны три варианты золоочистных установок:

- 1) Одноступенчатая установка с использованием мокрого скруббера.
- 2) Одноступенчатая установка с использованием электрофильтра.

- 3) Двухступенчатая установка с использованием в качестве первой ступени мокрого скруббера и второй ступенью с использованием электрофилтра.
- 4) Двухступенчатая установка с использованием в качестве первой ступени электрофилтра и второй ступенью с использованием рукавного филтра.

Данные по результатам расчетов сведены в Таблицу 4.

Таблица 4 – Полученные результаты

	Мокрый скруббер	Электро-филтр	Двухступенчатая установка (МЗУ и электрофилтр)	Двухступенчатая установка (электрофилтр и рукавный филтр)
Масса золы после очистки, г/с	3,87	3,07	1,688	0,0207
Концентрация твердых частиц, $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	50,974	40,39	22,2	2,7

В настоящий момент в РФ действуют нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ для котельных установок, регламентированные ГОСТ Р 50831-95 «Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования», где указаны нормативы удельных выбросов для вновь вводимых котельных установок

Нормативы удельных выбросов в атмосферу твердых частиц для котельных установок, вводимых на ТЭС с 1 января 2001 г., для твёрдых топлив всех видов приведены в Таблице 5

Таблица 5 – Нормативно удельные выбросы твердых частиц

Тепловая мощность котлов Q, МВт _т (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание золы A _{пр} , %·кг/МДж	Массовый выброс твёрдых частиц на единицу тепловой энергии, г/МДж	Масовый выброс твёрдых частиц, г/с	Массовая концентрация частиц в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³ при н.у.
до 299 (до420)	менее 0,6 0,6-2,5 более 2,5	0,06 0,06-0,20 0,20	1,76 1,76-5,86 5,86	150 150-500 500
300 и более (420 и более)	менее 0,6 0,6-2,5 более 2,5	0,04 0,04-0,16 0,16	1,18 1,18-4,70 4,70	100 100-400 400

В расчетах использовался котлоагрегат марки Е-210-14-540, паропроизводительностью 210 т/ч. Основываясь на данных, приведенных в Таблице 4 можно сделать вывод, что установленный отдельно мокрый скруббер не обеспечивает достаточную очистку дымовых газов.

Так же, как видно из результатов расчетов, электрофильтр установленный как единственная ступень золоочистки не обеспечивает достаточную очистку дымовых газов.

Далее были рассчитаны масса золы и концентрация твердых частиц, выходящих после двухступенчатой золоуловительной установки, состоящей из мокрого скруббера и электрофильтра. Данная схема установки фильтров обеспечивает очистку дымовых газов, по показателям не превышающую значения, установленные в ГОСТ Р 50831-95.

Так же, в качестве наилучшего способа золоулавливания была рассчитана золоулавливающая установка, состоящая из электрофильтра и рукавного фильтра. Данная схема обеспечивает наилучшую степень очистки дымовых газов от золы, но так же является наиболее дорогостоящей.

4 Экологические аспекты

Большинство электростанций располагаются вблизи больших городов, но встречаются и случаи когда электростанции располагаются в черте города. Электростанции, находящиеся в черте города и его пригородах являются постоянными источниками загрязнения окружающей среды.

В составе дымовых газов присутствуют такие микроэлементы, как марганец, железо, медь, цинк, молибден и др., которые необходимы и важны растениям в малых концентрациях. Но эти микроэлементы могут оказывать и отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы.

Некоторые тяжелые металлы (ртуть, свинец и кадмий) даже при низких концентрациях опасны для всего живого.

Зола характеризуется повышенным содержанием Ni, Cr, Ag, Sr, Zn, Co. В меньшем количестве в золошлаках накапливаются ванадий, марганец, свинец, хром, титан, барий, молибден. Некоторые микроэлементы (цинк, медь, свинец, марганец), образуя газообразные соединения, на поверхности летучей золы конденсируются, тем самым усиливают токсикологические свойства летучей золы. Вместе с золами ТЭС происходит заражение местности тяжелыми металлами, большая часть которых накапливается в верхних слоях почвы. Повышенная концентрация металлов в почве может привести к тяжелым осложнениям [17].

При высыхании отложений, не связанные частицы золы становятся источником образования силикатной пыли. Такое воздействие золы может вызвать у человека такие заболевания как аллергический бронхит, бронхиальную астму и аллергический ринит.

После контакта с золой и шлаком, используемая в системе орошения дымовых газов, вода представляет собой солевой раствор. В процессе эксплуатации мокрого скруббера происходит образование техногенных грунтовых вод, источник питания которых является загрязненный фильтрат.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4А	Овчинникову Никите Олеговичу

Институт	Энергетический	Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Месячный оклад научного руководителя – 19500 руб Месячный оклад инженера – 17000 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	$H_{ам}=20\%$; $K_p=30\%$
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в материальные фонды принимаются равными 30% от фактической зарботной платы

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование и временная оценка работ Смета затрат на проект Экологические штрафы
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение предотвращенного годового экономического ущерба от загрязнения атмосферы при применении мероприятий, снижающих выбросы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения социально – гуманитарных наук	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4А	Овчинников Никита Олегович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Обоснование проекта

Энергетические предприятия, сжигающие твердое топливо, зачастую превышают нормы по выбросам вредных веществ в атмосферу. Происходит это за счет устаревания дымоочистного оборудования и ужесточения предельно допустимых концентраций. За данные нарушения в России предусмотрены штрафы, налагаемые на предприятия, в которых происходит превышение выброса вредных выбросов. Целью нижеприведенных расчетов является экономическое обоснование установки дополнительной ступени очистки дымовых газов.

5.2 Планирование работ и временная оценка их выполнения

Для разработки графика проведения исследования требуется составить таблицу с перечнем работ и временем их выполнения. Такой график проведения исследования представлен в виде отрезков, длина которых соответствует длительности выполнения задач. В совокупности график показывает взаимосвязь между задачами, длительность задач, а также длительность всего исследования.

В таблице 6 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Таблица 6 – Перечень работ и оценки времени их выполнения

№ п/п	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность дней
1	Выдача и получение задания	Руководитель	1
		Инженер	1
2	Обзор литературы по выбранной теме	Инженер	10
3	Постановка целей и задач исследования (составление плана работы)	Руководитель	1
		Инженер	4

Продолжение Таблицы 6

4	Проведение расчетов	Инженер	9
5	Обобщение и оценка результатов исследований, написание выводов	Руководитель	1
		Инженер	3
6	Оформление проделанной работы, составление пояснительной записки	Инженер	2
7	Утверждение ВКР руководителем	Руководитель	1
		Инженер	1
	ИТОГО	Руководитель	4
		Инженер	30

5.2.1 Смета затрат на проект

Совокупность затрат на проект определяются по следующей формуле:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \text{ руб.}, \quad (28)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату;

$K_{\text{с.о}}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

5.2.2 Материальные затраты

В данной работе под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары. Величину этих затрат принимаем $K_{\text{мат}}=500$ руб.

5.2.3 Амортизация компьютерной техники

Амортизация показывает уменьшение стоимости компьютерной техники, на которой выполнялась работа, вследствие ее износа. Амортизация компьютерной техники рассчитывается как:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{ руб./год}, \quad (29)$$

где $T_{\text{исп.кт}}$ – время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}}$ – календарное время;

$C_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники.

$$K_{\text{ам}} = \frac{101}{365} \cdot 30000 \cdot \frac{1}{5} = 1660 \text{ руб./год}, \quad (30)$$

5.2.4 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату включают в себя выплаты инженеру, разрабатывающему проект, а также научному руководителю и рассчитываются как:

$$K_{\text{з/пл}} = 3П_{\text{инж}}^{\phi} + 3П_{\text{нр}}^{\phi} \text{ руб}, \quad (31)$$

где $3П_{\text{инж}}^{\phi}$ – фактическая заработная плата инженера,

$3П_{\text{нр}}^{\phi}$ – заработная плата научного руководителя.

Месячный оклад исполнителей проекта определяется по формуле:

$$3П_{\text{мес}}^{\text{м}} = 3П_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ руб}; \quad (32)$$

где $3П_0$ – месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 19500 руб.);

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 – районный коэффициент, равен 1,3 (30%)

Месячный оклад для инженера определяется по формуле [32]:

$$3П_{\text{инж}}^{\text{м}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб};$$

Месячный оклад для научного руководителя определяется по формуле [32]:

$$3П_{\text{нр}}^{\text{м}} = 19500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27885 \text{ руб},$$

Фактическая заработная плата:

$$3П_{\phi} = \frac{3П_{\text{мес}}}{21} \cdot n^{\phi} \text{ руб}, \quad (33)$$

где 21 – среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} – фактическое число дней в проекте.

$$\text{Инженер: } 3П_{\text{инж}}^{\phi} = \frac{24310}{21} \cdot 30 = 34728 \text{ руб.}$$

$$\text{Научный руководитель } 3П_{\text{нр}}^{\phi} = \frac{27885}{21} \cdot 4 = 5371 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{з/пл}} = 34728 + 5371 = 40099 \text{ руб.}$$

5.2.5 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные нужды принимаются как 30 % от затрат на заработную плату, они включают в себя отчисления в Фонд социального страхования Российской Федерации, Пенсионный фонд Российской Федерации, Государственный фонд занятости населения Российской Федерации и фонды обязательного медицинского страхования.

$$K_{\text{соц/н}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,3 \text{ руб.} \quad (34)$$

$$K_{\text{соц/н}} = 40099 \cdot 0,3 = 12029 \text{ руб.}$$

5.2.6 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{\text{пр}} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{соц/н}}) \cdot 0,1 \text{ руб.} \quad (35)$$

$$K_{\text{пр}} = (500 + 1660 + 40099 + 12029) \cdot 0,1 = 5428 \text{ руб.}$$

4.1.6 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования. Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2 \text{ руб.} \quad (36)$$

$$K_{\text{накл}} = 40099 \cdot 2 = 80198 \text{ руб.}$$

Таким образом, суммарные затраты на проектирование составили:

$$K_{\text{пр}} = 500 + 1660 + 40099 + 12029 + 5428 + 80198 = 139914 \text{ руб.}$$

В таблице 7 представлена смета затрат на проект.

Таблица 7 – Смета затрат на проект

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Материальные затраты	500
2	Амортизация компьютерной техники	1660
3	Затраты на заработную плату	40099
4	Затраты на социальные нужды	12029
5	Прочие затраты	5428
6	Накладные расходы	80198
Итого:		139914

5.3 Смета затрат на проект

5.3.1 Затраты на оборудование

Стоимость основного оборудования:

- Электрический фильтр ЭГА-1-30-60-2 2300000 рублей;
- Контрольно-измерительные приборы 1000000 рублей.

Общая стоимость затрат на покупку основного оборудования составит 3300000 рублей.

5.3.2 Затраты на установку оборудования

В данном проекте предполагается замена установленного на станции оборудования на новое. Упрощенно стоимость подрядных работ по установке оборудования принимается в размере 7-12% от стоимости основного оборудования:

$$Z_{уст} = 0,07 \cdot 3300000 = 231000 \text{ руб} \quad (37)$$

5.4 Оценка экономической эффективности

Площадь зоны активного загрязнения.

Для труб энергетических предприятий высотой $H > 10$ м площадь зоны активного загрязнения, m^2 , представляет собой кольцо, центром которого является источник выброса, и определяется из выражения

$$S_{\text{зав}} = 1244 * \varphi^2 * H^2 = 1244 * 2,853^2 * 250^2 = 632854600 \quad (38)$$

Где φ – поправка на тепловой подъем факела, рассчитываемая как:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta t}{75} = \frac{139}{75} + 1 = 2,853, \quad (39)$$

Где Δt – среднегодовое значение разности температур в устье трубы $t_{\text{оз}}$ (обычно принимается, что $t_{\text{мп}} = t_{\text{оз}} - 10^\circ \text{C} = 150 - 10 = 140^\circ \text{C}$, где $t_{\text{оз}}$ – температура уходящих газов на выходе из котла) и в окружающей атмосфере на уровне устья t_e (значения для t_e для различных регионов приведены в табл. 6.3).

$$\Delta t = t_{\text{тр}} - t_{\text{в}} = 140 - 1 = 139^\circ \text{C} \quad (40)$$

Если зона активного загрязнения неоднородна и состоит из территорий, которым соответствуют различные, то определяется усреднённое значение для всей зоны активного загрязнения по формуле

$$\sigma_{\text{зав}} = \sum_{i=1}^k \frac{S_i}{S_{\text{зав}}} * \sigma_i \quad (41)$$

Приводим значения выбросов без мероприятий по уменьшению выбросов

$$M_3 = 2757,57 \frac{\text{г}}{\text{с}} = \frac{2757,57 * 3600}{10^6} = 9,927 \frac{\text{т}}{\text{ч}} \quad (42)$$

Приводим значения выбросов золы при применении мероприятий по уменьшению выбросов

$$M_{\text{ун}} = 607,051 \frac{\text{г}}{\text{с}} = \frac{607,051 * 3600}{10^6} = 2,185 \frac{\text{т}}{\text{ч}} \quad (43)$$

Приведённая условная масс годового выброса, усл.т./год загрязняющих веществ в атмосферу из источника определяется по формуле

$$M = \sum A_i * M_i * k * \tau, \text{ усл.т./год} \quad (44)$$

Без мероприятий по уменьшению выбросов определяем по формуле [44]:

$$\begin{aligned} M &= 80 * 9,927 * 3 * 8760 + 49 * 0,966 * 3 * 8760 + 41,1 * 0,283 * 3 * 8760 \\ &= 2,242 * 10^7 \text{ усл. т./год} \end{aligned}$$

С мероприятиями по уменьшению выбросов определяем по формуле [44]:

$$\begin{aligned} M &= 80 * 2,185 * 3 * 8760 + 49 * 0,957 * 3 * 8760 + 41,1 * 0,385 * 3 * 8760 \\ &= 0,624 * 10^7 \text{ усл. т./год} \end{aligned}$$

Рассчитываем ущерб, руб/год, причиняемый годовыми выбросами вредных веществ:

$$Y_i = \gamma * M * \sigma_{\text{зав}} * f * K \quad (45)$$

Без мероприятий по уменьшению выбросов

$$Y_i = 55,7 * 2,242 * 10^7 * 5,118 * 0,094 * 2,67 = 600784803 \text{ руб/год}$$

С мероприятиями по уменьшению выбросов

$$Y_i = 55,7 * 0,624 * 10^7 * 5,118 * 0,094 * 2,67 = 44645653 \text{ руб/год}$$

Здесь $\gamma = 55,7$ – константа, имеющая размерность руб/усл.т (в ценах 2017 г)

$$f = \frac{100}{100 + \varphi * H} * \frac{4}{1 + U_B} = \frac{100}{100 + 2,853 * 250} * \frac{4}{1 + 4,2} = 0,094$$

Где: U_B – скорость ветра

K – коэффициент инфляции (на 2017 год равен 2,67)

Предотвращённый экономический ущерб вследствие снижения загрязнения среды, обусловленного внедрением природоохранных мероприятий:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 = 600784803 - 44645653 = 556139150 \text{ руб/год};$$

Заключение по разделу финансовый менеджмент

В ходе данной работы были рассчитаны затраты на исследование конструктивных особенностей двухступенчатой золоотчистки. Характерные конструктивные решения влияют на эффективность очистки дымовых газов.

Повышение эффективности очистки дымовых газов выполняется в целях повышения коэффициента полезного действия.

Установка дополнительной ступени золоотчистки уменьшает выбросы золы в атмосферу, вследствие чего уменьшаются выплаты штрафов за нанесение вреда окружающей среде.

Так же были рассчитаны затраты связанные с установкой и эксплуатацией оборудования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4А	Овчинников Никита Олегович

Школа	ИШЭ	Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Тема: Анализ необходимости применения двухступенчатого золоулавливания на ТЭС для достижения НУВ.</p> <p>Рабочее место представляет собой помещение.</p> <p>В газоочистном предприятии должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<p>Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); <p>пожаровзрывобезопасность</p>
Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: –	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	Василевский М.В.	к.т.н., доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4А	Овчинников Никита Олегович		

Введение

В данном разделе рассмотрены регулируемые государством социальные вопросы – промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, безопасность в чрезвычайных ситуациях и т.д.

Одной из главных задач охраны труда является обеспечение безопасных условий труда для человека, т.е. должны быть созданы такие условия труда, при которых исключается воздействие на рабочих опасных и вредных производственных факторов. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами.

Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы.

6.1 Производственная безопасность

6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации оборудования для переработки на предприятии

Работа на газоочистном участке тепловой электрической станции может сопровождаться опасными (могут вызывать травмы) и вредными (могут вызвать профессиональные заболевания или снижение работоспособности) производственными факторами. Запыленность помещения, повышенная температура воздуха, физические и нервно-психические перегрузки, вибрация, шум и др. относятся к вредным факторам.

Непосредственно на участке по очистке дымовых газов опасным факторами являются зола, электрический ток, искры, движущиеся части

оборудования, высокие температуры во время очистки газов, возможность падения с площадок обслуживания оборудования самого работающего либо различных деталей и предметов.

Задачей обеспечения вибрационной безопасности является предотвращение условий, при которых воздействие вибрации могло бы привести к ухудшению состояния здоровья работников, в том числе к профессиональным заболеваниям, а также к значительному снижению комфортности условий труда. Вибрация, создаваемая оборудованием, способна привести как к нарушениям в работе и выходу из строя самого оборудования, так и служить причиной повреждения других технических и строительных объектов.

Вибрация, как и шум, вредно воздействует на организм. Для предотвращения профессиональных заболеваний, работая в шумных условиях или в условиях воздействия вибрации, соблюдаются правила безопасной работы согласно ГОСТ 12.1.003–2014 [19].

Таблица 8 - Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на производственных помещениях и на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 при разработке технологических процессов, проектировании производственных зданий и сооружений, эксплуатации машин, а также при организации рабочих мест следует предпринимать необходимые меры по снижению шума, который может воздействовать на человека, до значений, которые не будут превышать допустимые.

Освещенность должна соответствовать СНиП. Минимальное значение искусственной освещенности производственного помещения согласно СНиП 23-102-2003 должен составлять 200-300 лк. Освещение на производстве делает работу специалистов удобной и безопасной. Так же правильно организованное освещение производственного помещения благоприятно влияет на психику людей, тонизирует и создает хорошее настроение, что отражается на производительности и безопасности труда.

Так же на работу работников может негативно влиять производственная пыль. Практически на каждом производственном предприятии существует такая проблема. Особенность проблемы - медленное оседание легких неблагоприятных частиц. Запыленность производственных помещений может быть частицами видимыми (размером свыше 10 мкм) или невидимыми (микроскопическими) - 0,25-10 мкм.

6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте

Рабочие места должны соответствовать требованиям к безопасности ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [20].

Большое количество оборудования на перерабатывающем предприятии создают неодинаковые условия труда по степени вредности в разных зонах производства.

Работники, работающие в непосредственной близости с дымовыми газами, подвергаются вредному воздействию золы, т.к. в золе содержатся химические соединения, которые отрицательно влияют на организм человека.

Одним из наиболее вредных факторов при работе на участке такого рода является шум от всевозможных вращающихся элементов оборудования.

Для снижения воздействия повышенного уровня шума на предприятии можно использовать или создать малошумное оборудование,

Обслуживающий персонал, временно находящийся на территории, где располагается основное оборудование, использует наушники, закрывающие ушную раковину и вкладыши, перекрывающие наружный слуховой канал. Также оптимальное размещение шумного оборудования, позволит минимизировать воздействие шума на рабочем месте.

Источниками вибраций являются: дымоочистное оборудование, электродвигатели, механизмы для транспортировки золы, вентиляторы. Создаваемые ими вибрации относятся к технологическим, нормирование которых определяется ГОСТ 12.1.012 - 2004 ССБТ “Вибрационная безопасность. Общие требования” [21].

Мероприятия по борьбе с вибрацией должны разрабатываться в процессе проектирования предприятия с учетом амплитудно-частотных характеристик оборудования, предусмотренного для производства. Например, такие мероприятия как установка оборудования на фундамент, применением виброизолирующих прокладок, динамические виброгасители и виброизоляция.

Так же на предприятии источником тока является электросеть напряжением 220-380 В. Наиболее частые причины электротравматизма: неисправное электрооборудование, отсутствие или недостаточность заземления, прикосновение к частям оборудования, находящихся под напряжением, отсутствие индивидуальных и коллективных средств защиты.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести: заземление всего оборудования, поддержание исправного состояния электропроводки, изоляция, зануление, устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах электрооборудования и т.д.

Недостаточная и чрезмерная освещенность, оказывает также свое негативное влияние на работающий персонал.

Согласно действующих норм проектирования производственного освещения СНиП 23-05-95 задаются как количественная (величина минимальной освещённости) так и качественные характеристики (показатель ослеплённости, дискомфорта и глубина пульсации освещения) искусственного освещения [22].

На предприятии организовано аварийное освещение и эвакуационное. Аварийное освещение организуется для поддержания работы, если внезапно произошло отключение рабочего освещения, чтобы не останавливался производственный процесс. Эвакуационное освещение служит для безопасной эвакуации людей в случае чрезвычайных ситуаций.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Дымовые газы, создают опасность загрязнения окружающей среды содержащимися в них токсичными веществами, радионуклидами и тяжелыми

металлами. В зонах воздействия дымовых газов формируются неблагоприятные экологические ситуации из-за пылеобразования, а также попадания золы в почву. Кроме того, распыление дымовых газов является причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного использования.

Одним из существенных путей воздействия дымовых газов на окружающую среду является вынос в атмосферу пылевых частиц с их поверхности в результате ветровой эрозии и последующее осаждение на почву и на поверхности водных объектов.

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

В современных условиях решается задача повышения степени очистки дымовых газов выбрасываемых угольными тепловыми электрическими станциями. Переработанную золу можно использовать при изготовлении кирпича, шпаклевки, асфальтобетона, шлако-блоков и т.д.

Для защиты атмосферы более перспективным вариантом является использование новых технологий по золоулавливанию на ТЭС. А так же перспективным вариантом на ближайшее будущее является сокращение выбросов дымовых газов в атмосферу, тем самым уменьшая вынос в атмосферу пылевых частиц.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Пожарная безопасность характеризуется ФЗ №123 от 22 июля 2008 года.

Система пожарной защиты предусматривает, наряду с мерами предотвращения возникновения пожара и распространение его за пределы очага

возгорания, также применение средств пожаротушения и пожарной сигнализации.

Для тушения пожаров применяют первичные средства тушения, к которым относятся углекислотные, пенные и порошковые огнетушители, а также пожарные стволы, присоединенные при помощи рукавов к системе пожарного водопровода при помощи пожарных кранов, располагаемых в наиболее доступных и безопасных местах здания.

6.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

При аварийной ситуации на оборудовании, необходимо прекратить выполнение плановой работы и действовать согласно требованиям инструкции по ликвидации аварий и производственных инструкций по обслуживанию оборудования. Принять меры к восстановлению нормального режима работы или ликвидации аварийного положения и предотвращении развития аварии.

При возникновении несчастного случая немедленно оказать первую медицинскую помощь согласно инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

При угрозе несчастного случая вывести людей из зоны поражения, оградить опасную зону, по возможности отключить аварийное оборудование.

О замеченном загорании на объекте необходимо сообщить дежурному персоналу объекта, в пожарную часть и преступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения, соблюдая при этом меры безопасности. Там, где имеется оперативный план тушения пожара, необходимо действовать в соответствии с этим планом.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по техники безопасности.

Тушить пожар на электрооборудовании, находящемся под напряжением следует углекислотными и порошковыми (до 1000 В) огнетушителями.

Тушение пожара в сильно задымленных помещениях без снятия напряжения с электроустановок и кабельных линий запрещается.

На предприятии должны использоваться только кабели с негорючими покрытиями.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При работах на предприятии, работники предприятия обеспечены спецодеждой и СИЗ.

На предприятии организована программа производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнения санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

Охрана окружающей среды при проведении запроектированных работ предусмотрена действующим природоохранным законодательством.

Каждый сотрудник в обязательном порядке ознакомляется с правилами техники безопасности на предприятии, и после отмечается в журнале инструктажа по техники безопасности.

На предприятии в соответствии с ГОСТ Р 12.2.143-2009 предусмотрены схемы плана эвакуации при чрезвычайных ситуациях [23].

Работник должен следовать установленным работодателем правилам безопасного ведения работ. Ответственность за последствия отказа следовать

установленным правилам и применять предписанные средства индивидуальной защиты лежит на работнике.

Заключение по разделу социальная ответственность

Благодаря двухступенчатой очистке дымовых газов от золы уменьшаются вредные выбросы в атмосферу дымовых газов. Следовательно уменьшается вредное воздействие на окружающую среду

В разделе социальная ответственность произведен анализ вредных факторов физического и психофизического характера, которые могут оказывать воздействие на человека в рабочей зоне; были выявлены возможные чрезвычайных ситуации, возникновения которых наиболее вероятно в зоне использования объекта исследования ВКР. Чтобы снизить к минимуму угрозу возникновения факторов, пагубно влияющих на здоровье рабочего персонала представлены необходимые меры безопасности.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были, описаны технологии очистки дымовых газов на некоторых российских ТЭС.

Произведен расчет массы золы и объем дымовых газов, выходящих из котлоагрегата.

Определено, что при использовании в качестве топлива угля Экибастузского месторождения с приведенной зольностью $A_{пр} > 3\%$ одоступенчатые фильтры не удовлетворят требованиям нормативно удельных выбросов.

Определено, что при использовании в качестве первой ступени мокрого скруббера, а в качестве второй ступени электрофильтра повышается эффективность всей золоулавливающей установки.

Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов и их воздействие на рабочий персонал.

Определены финансовые затраты для реализации проекта и определен срок окупаемости проекта.

Список используемых источников

1. Бюллетень о текущих тенденциях Российской экономики.
2. Карманова А.М. Исследование золошлаковых отходов Томской ГРЭС-2 как материала для утилизации, Томский политехнический университет. 2015.- 3с.;
3. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие /В.И. Беспалов, С.У. Беспалова, М.А. Вагнер - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 240 с.;
4. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. – СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, 1998г. – 256с.;
6. ГОСТ Р 20831-95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования.
5. Расчет элементного состава и теплотехнических характеристик топлив, объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплинам «Технические процессы и производства ТЭС и АЭС», «Котельные установки и парогенераторы» для студентов III-IV курсов, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника». Часть I / сост. Т.С. Тайлашева, Н.В. Визгавлюст, К.В. Буваков; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 20с.;
6. Выбросы в атмосферу от неорганизованных источников ТЭС. Утилизация и переработка золошлаковых отходов ТЭС [Электронный ресурс] URL <http://stud.lms.tpu.ru/mod/book/view.php?id=46576> свободный, - Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 04.06.2018 г.;

7. Зола уноса [Электронный ресурс] URL http://www.sibeco.su/sibeco0282_01 свободный, - Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.06.2018 г.;

8. Совершенствование обращения с золошлаковыми отходами ТЭС [Электронный ресурс] URL <https://www.startbase.ru/knowledge/articles/157/> свободный, - Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 09.06.2018 г.;

9. Проблема переработки золошлаковых отходов [Электронный ресурс] URL <http://prostroyamat.ru/content/kuda-devat-zolu-problema-pererabotki-zolo-shlakovyh-othodov> свободный, - Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 10.06.2018 г.;

10. Регистрация ООО: самая полная инструкция [Электронный ресурс] URL <https://www.regberry.ru/registraciya-ooo/registraciya-ooo-samaya-polnaya-instrukciya> свободный, - Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 10.06.2018 г.;

11. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

12. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

13. ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

14. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

15. ГОСТ Р 12.2.143-2009 ССБТ. Системы фотолюминесцентные эвакуационны требования и методы контроля.